

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-368717

(43)Date of publication of application : 21.12.1992

(51)Int.Cl.

H01B 9/00
H01B 3/00
H01B 3/44
// H01B 7/14

(21)Application number : 03-170733

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

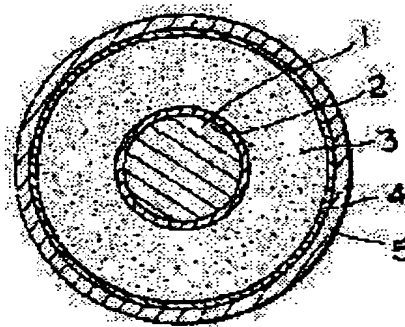
(22)Date of filing : 14.06.1991

(72)Inventor : HARA MAKOTO
IKEDA TADAYOSHI
SATO HIROAKI
KATAGAI TERUSHI

(54) DC POWER CABLE

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve a DC power cable used for a high-voltage DC power transmission line such as a submarine cable.

CONSTITUTION: In a DC power cable formed with an insulator 3 made of a polymer on the outer periphery of a core conductor 1, grain size of the insulator 3 is set to 50 μ m or below, and the specific surface area by the BET method is set within the range 20-80m²/g. The effect of the decomposition residue at the time of cross-linking adversely affecting the DC insulation property is resolved, and good DC breakdown characteristic is provided.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
to registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

特開平4-368717

(43) 公開日 平成4年(1992)12月21日

(51) Int.Cl. ³	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 B 9/00	A	6969-5G		
3/00	A	9059-5G		
3/44	F	9059-5G		
/ H 0 1 B 7/14		7244-5G		

審査請求 未請求 請求項の数2(全7頁)

(21) 出願番号	特願平3-170733	(71) 出願人	000005120 日立電線株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目1番2号
(22) 出願日	平成3年(1991)6月14日	(72) 発明者	原 信 茨城県日立市日高町5丁目1番1号「日立電線株式会社電線研究所内」
		(72) 発明者	池田 忠禧 茨城県日立市日高町5丁目1番1号「日立電線株式会社電線研究所内」
		(72) 発明者	佐藤 浩昭 茨城県日立市日高町5丁目1番1号「日立電線株式会社電線研究所内」
		(74) 代理人	弁理士 小山田 光夫

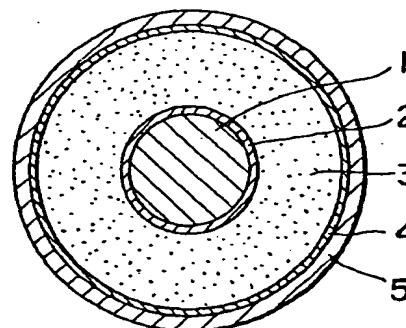
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直流電力ケーブル

(57) 【要約】

【目的】 海底ケーブルなどの高圧直流送電線路に使用される直流電力ケーブルを改良する。

【構成】 芯線導体の外周部に高分子からなる絶縁体を形成した直流電力ケーブルにおいて、絶縁体は粒子径が $50\mu\text{m}$ 以下で、BET法による比表面積が $20\sim 80\text{m}^2/\text{g}$ の範囲にある直流ケーブルである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 芯線導体の外周部に高分子からなる絶縁体を形成した直流電力ケーブルにおいて、前記絶縁体は粒子径が $50\mu\text{m}$ 以下で、BET法による比表面積が $20\sim 80\text{m}^2/\text{g}$ の範囲にある酸化マグネシウムを添加したポリエチレンあるいは架橋ポリエチレンであることを特徴とする直流電力ケーブル。

【請求項2】 前記酸化マグネシウムは純度95%以上で、その添加量はポリエチレン100重量部に対して酸化マグネシウム1重量部以上、40重量部以下を添加したことを特徴とする「請求項1」記載の直流ケーブル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、海底ケーブルなどの高圧直流送電線路に用いるのに好適な直流電力ケーブルの改良に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、交流送電用電力ケーブルとしては優れた絶縁特性や保守管理の容易性、防災性の面で多くの利点を有することから架橋ポリエチレンを絶縁体とした電力ケーブル、いわゆるCVケーブルが広く使用されており、近年の製造技術の著しい進歩と相まって、今日では500kVケーブルとして実用化されるに至っている。

【0003】このように、交流ケーブルとしては多くの優れた特徴と実績を有するCVケーブルであるが、これを高圧直流送電用として適用する場合には直流絶縁特有の問題が顕著に現われ、国内はもとより世界的にみても未だ実線路への適用例はない。また、CVケーブルは絶縁体の耐熱性を高め、ケーブルの許容電流の向上を図るため、単なるポリエチレンではなく、例えば、D. C. P. (di-cumyl peroxide)などの架橋剤により架橋した架橋ポリエチレンが絶縁体として使用されている。そのため、ケーブル製造時には架橋反応に伴うメタンやアセトフェノンなどの分解生成物が絶縁体中に発生することから、一般にはケーブル押し出し終了後、ある所定の期間乾燥室などでケーブルを乾燥し、絶縁体中に残存している架橋時の分解生成物を許容レベル（発生ガスがケーブルシース等に悪影響を及ぼさないレベル）以下となるようにしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】CVケーブルを直流ケーブルとして使用する場合の問題点の一つとして、ケーブルに直流電圧を印加した際に絶縁体内に形成される空間電荷の存在があることは一般に知られるところである。

【0005】例えば、ケーブルに負の直流電圧を印加すると、導体側近傍には負の空間電荷、逆に遮蔽側近傍には正の空間電荷が形成されることが知られている。このような場合には、導体電極直上および遮蔽側電極での電

界は緩和される反面、絶縁体内部に局所的高電界を発生するばかりか、ケーブルの実質的な有効絶縁厚を小さくしてしまうこともまた知られるところである。さらに、このような状態のところに直流と逆極性（この場合は正）の雷インパルス電圧が侵入したり、直流電圧の極性を急激に反転すると、空間電荷により緩和されていた導体電極直上電界が著しく上昇し、予想外の破壊電圧の低下を招くこととなる。

【0006】従って、ポリエチレンや架橋ポリエチレンを絶縁体としたケーブルを直流用として適用するには、前記した空間電荷の形成を極力抑制することが必要条件となり、その抑制策としてこれまでに種々の提案がなされている。

【0007】例えば、特公昭57-21805号公報に示されているように、ポリエチレンに50ミクロン以下の粒径を有する20~80重量部の有極性非扁平形状無機絶縁粉末、即ち、ケイ酸アルミニウム、ケイ酸カルシウム、炭酸カルシウム、酸化マグネシウム等を配合して架橋した絶縁体とその外周に設けられた遮水層を有するケーブルもその一例であり、有極性無機絶縁物の添加により空間電荷の蓄積による直流絶縁耐力の低下を防止するようにしたものである。

【0008】しかし、このような有極性無機絶縁物をポリエチレンや架橋ポリエチレンに添加すると、直流破壊特性の向上は図れるものの添加した有極性無機絶縁物が異物として作用し、架橋ポリエチレン本来の優れた交流特性、例えば雷インパルス破壊特性が低下してしまうという不具合がある。また、有極性無機絶縁物の粉末が製造過程で凝集したりすると電気絶縁上好ましくないことはいうまでもない。

【0009】以上は空間電荷の挙動に絡む直流絶縁上の問題であるが、これに加えて直流課電時にはケーブル絶縁体内の電位が抵抗分担となり、内部の電界分布はケーブル半径方向の抵抗分布に大きく依存したものになる。とりわけ、架橋ポリエチレン絶縁体においてはケーブル絶縁体中に残存する架橋時分解生成物が絶縁体の抵抗に大きく影響し、内部電界を一層複雑なものとしている。

【0010】図1は通常の架橋ポリエチレンケーブルにおいて、絶縁体半径方向の固有絶縁抵抗(ρ)と残存している架橋時分解生成物量の分布を測定したものをグラフに示したものである。ケーブルは押出し後、温度約70℃の雰囲気中で2週間の乾燥処理を実施した絶縁厚さ13mmの架橋ポリエチレン絶縁ケーブルである。このケーブルより特殊バイトを用いた旋盤で半径方向に薄く（約0.1mm）スライスした絶縁体シートの試料をサンプリングし、各試料の固有絶縁抵抗 ρ と架橋時分解生成物の量 β を測定した。固有絶縁抵抗 ρ は室温で前記サンプルに直流4kVを印加し、その時の漏れ電流から算定した。なお、測定中の架橋時分解生成物の揮散の影響を極力少なくするために、電圧印加後10分経過後の漏

れ電流値に基づき適宜上算定している。また、分解生成物は同様にサンプリングしたシートを真空乾燥し、その時の重量変化分から算定した。

【0011】図1から明らかなように、通常の架橋ポリエチレンケーブルにおける分解残渣量 β は絶縁体の中央部にピークを有する凸形の分布となっている。分解残渣はケーブル製造直後には絶縁体中に均一に発生しているものと考えられるが、その後の乾燥工程や大気中放置の過程において、自然に外部（ケーブル外導側あるいは導体側）に揮散するため、前記したような凸形の分解残渣量分布となることは容易に推察されるところである。一方、ケーブル半径方向の固有絶縁抵抗 ρ の分布は分解残渣量 β の分布とは逆に、ケーブルの内部および外部導電層側が高く、絶縁体の中央部が低い凹形の分布となっている。これにより、絶縁体中の分解残渣が、その固有絶縁抵抗 ρ を低下させていることがわかる。

【0012】例えば、D. C. P. を架橋剤とした架橋ポリエチレンの分解残渣成分はメタン、アセトフェノン、 α -メチルスチレン、クミルアルコールが代表的なものとして挙げられるが、これらはいずれも低分子量のガスあるいは液体で、それら単独の固有絶縁抵抗 ρ 値としてアセトフェノン： $4 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ 、クミルアルコール： $5 \times 10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ 、 α -メチルスチレン： $7 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ が確認されている。これはポリエチレンに比べ桁違いに低い固有絶縁抵抗値であることがわかる。従って、分解残渣が多く残存しているところでは絶縁体の固有絶縁抵抗 ρ が低く、分解残渣の揮散しやすい内、外導層側では相対的に固有絶縁抵抗 ρ が高いという図1の結果を説明することができる。

【0013】図1のような固有絶縁抵抗 ρ の分布を有するケーブルに直流電圧が印加されると、固有絶縁抵抗 ρ の高い部分での電圧分担が大きくなり、結果として、その部分において局所的な高電界部を形成することとなる。当然ながら、分解残渣はケーブル絶縁厚が大きいほど揮散しにくいことから、この傾向は絶縁厚の厚いケーブルでは益々助長されることとなり、このことが架橋ポリエチレンケーブルで認められている直流破壊電圧の顕著な絶縁厚依存性の一因と考えられる。また、絶縁体の固有絶縁抵抗 ρ の低下は必然的に直流印加時の漏れ電流を増大させ、それに伴う絶縁体の発熱（ジュール熱： $P = I^2 R$ ）を招くことから、熱的不安定性の原因となり、安定したケーブル絶縁体とするためには極力絶縁体の固有絶縁抵抗 ρ を高くすることが望ましいことは言うまでもない。

【0014】前述したようなケーブル押出し後の乾燥処理により、残存している分解残渣の量 β は減少し、ある程度の固有絶縁抵抗 ρ の向上が期待できるが、分解残渣は濃度拡散で外部に出てくることから、相対的な固有絶縁抵抗 ρ の大小関係は基本的には変わらず、前述した固有絶縁抵抗 ρ の分布の不均一性は解消されない。さら

に、絶縁厚が厚いほど乾燥に要する時間も長くなり、実際のケーブル製造工程では対応が難しくなるという問題がある。

【0015】この発明の目的は、上記のような諸問題点を解決するためになされたもので、架橋ポリエチレン絶縁ケーブルにおいて、空間電荷形成抑制効果を有しつつインパルス破壊特性の向上を可能とするとともに、特殊な乾燥処理等を実施しなくとも高い固有絶縁抵抗が維持でき、かつ、ケーブル半径方向の固有絶縁抵抗の分布が均一となるような絶縁体とすることにより、直流およびインパルス破壊特性、熱的信頼性、経済性に優れた直流ケーブルを提供することにある。

【0016】

【発明が解決しようとする課題および作用】この発明は、空間電荷の影響を軽減できる有極性無機粉末のうち、BET比表面積が $20 \sim 80 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲にある酸化マグネシウムを添加した架橋ポリエチレン絶縁体による直流ケーブルを提供するものである。

【0017】ここで、添加物を酸化マグネシウムとした理由について説明する。絶縁体の空間電荷蓄積の抑制に有効である数ある有極性無機絶縁粉末のうち、特に酸化マグネシウムに限定したのは次の理由による。

【0018】(a) 酸化マグネシウムを添加したポリエチレンあるいは架橋ポリエチレンのインパルス破壊特性の低下が他の有極性無機絶縁粉末添加物に比べて小さい。即ち、空間電荷抑制効果があると考えられる各種有極性無機絶縁粉末充填ポリエチレンの比較において、酸化マグネシウム添加品が最も高いインパルス破壊強度を有している。

【0019】(b) 充填剤として工業的に広く使用されているタルクやクレイなどの有極性無機絶縁粉末は天然鉱石であるため、酸化鉄などの電気絶縁上有害な不純物が多く、かつその除去には工業的にも限度がある。これに対して、酸化マグネシウムは資源的には含マグネシウム天然鉱石からも得ることができるが、海水中のマグネシウム塩を利用した人工合成原料から製造することができ、前述した天然鉱石に比べはるかに高純度で、かつ品質や物性の安定した材料の供給が可能であるという利点を有している。なお、このような不純物の存在は固有絶縁抵抗 ρ の低下を招くことが推定される。

【0020】次に、酸化マグネシウムのBET比表面積 $20 \sim 80 \text{ m}^2/\text{g}$ の範囲と限定した理由について説明する。BET比表面積は粒子の活性度の目安となるもので、 $20 \text{ m}^2/\text{g}$ 未満の小さい場合には活性度が小さすぎ効率的な分解残渣吸着作用が得られない。また、 $80 \text{ m}^2/\text{g}$ を越えると逆に活性度が大き過ぎ、粒子が凝集しやすくなり、均一な分散が得られないためである。

【0021】ここで、BET比表面積とは、単位重量当りの表面積で、その表面積の測定をBET法で行なったものである。BET法は、いわゆる吸着法と呼ばれる固

体（特に粉体）の表面積を測定する一手法であって、S. Brunauer, P. H. Emmett, E. Tellerが提案した固体に対する気体の吸着に関する一連の関連式に基づいていることから、BETの名前がある。即ち、気体中に置かれた固体（粉体）表面には気体分子が吸着する。気体分子1個の断面積の値が既知であることから、粉体（単分子）に吸着する気体分子の量を測定することにより、粉体の全表面積を求めるものである。

【0022】次に、酸化マグネシウムの添加量を1重量部から40重量部の範囲に限定した理由を説明する。ポリエチレン100重量部に対して1重量部から40重量部が望ましい。即ち、1重量部以下では空間電荷の蓄積防止効果ならびに固有絶縁抵抗の向上効果およびそれに伴う均一化作用が薄れ、40重量部を越える添加量では逆に固有絶縁抵抗が低下してしまうためである。

【0023】

【実施例】以下、この発明の直流ケーブルを詳細に説明する。先ず、異なるBET比表面積を有する酸化マグネシウムを添加した架橋ポリエチレンシートを作成し、雷

インパルス破壊特性ならびに固有絶縁抵抗 ρ に及ぼすBET比表面積の影響と凝集粒子の発生状況を調査した。その結果を第1表に示す。

【0024】試料は、低密度ポリエチレン、架橋剤（D. C. P.）および老化防止剤とこれに異なるBET比表面積からなる酸化マグネシウムを配合したものをロールにて混練し、加圧プレスにして成形架橋した0.1mmの架橋ポリエチレンシートである。なお、酸化マグネシウムの添加量は全試料ともにポリエチレン100重量部に対して酸化マグネシウム5重量部に統一した。なお、表中の試料Iは比較のために実施したもので、前記した配合のうち酸化マグネシウムを充填しない通常の架橋ポリエチレンによるシートのデータである。

【0025】なお、破壊特性の評価において雷インパルス破壊特性を選んだのは、直流破壊特性に比べて、凝集粒子などの欠陥に対して敏感に反映されるためである。また、架橋ポリエチレンに発生した凝集粒子は光学顕微鏡に対する観察結果から評価した。

【0026】

【表1】

第 1 表

試料	酸化マグネシウム BET比表面積 (m^2/g)	インパルス破壊強度 E (kV/mm)	固有絶縁抵抗 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	最大凝集粒子 大きさ ϕ (μm)
A	1.5	350	1.5×10^{16}	10
B	2.0	380	2.3×10^{16}	10
C	4.0	360	4.9×10^{16}	20
D	20	400	1.2×10^{17}	30
E	50	435	2.1×10^{17}	30
F	80	410	1.9×10^{17}	55
G	100	390	2.2×10^{17}	105
H	200	360	2.0×10^{17}	120
I	無添加	510	8.0×10^{14}	—

注 (1) インパルス破壊強度は10点の平均値、試験温度は常温

(2) 固有絶縁抵抗測定条件；測定電圧 4 kV、常温

【0027】第1表から明らかなように、酸化マグネシウムのBET比表面積を変化させることによって、インパルス破壊強度、固有絶縁抵抗 ρ ならびに最大凝集粒子の大きさが変化している。即ち、インパルス破壊強度はBET比表面積 $50 \text{ m}^2/\text{g}$ をピークにして、それ以上でも以下でも低下する傾向が見られた。ここで、試料G、Hに見られるようにBET比表面積が $100 \text{ m}^2/\text{g}$ を超えると、それにつれて最大凝集粒子の大きさも大きくなっていることから、その粗大凝集粒子の存在が特性低下の要因となっていると推察される。これは粒子の活性度が大きすぎ、凝集しやすくなるためと解釈され

る。逆に、BET比表面積が非常に小さい場合（試料A、B、C）にも、インパルス破壊強度は低くなっている。この場合には活性度が小さいことから、最大凝集粒子という点では改善される方向にあり、むしろ、粒子とポリマーそのものの接着性が損なわれてしまうためと推察される。ちなみに、試料Eのインパルス破壊強度は試料Iの無添加の架橋ポリエチレンには及ばないものの、 435 kV/mm と良好な特性が確認された。

【0028】一方、絶縁体の固有絶縁抵抗 ρ という観点からみれば、酸化マグネシウムを添加した試料A～Gはいずれも無添加の試料Iとの比較において約2桁程高く

なっている。

【0029】これは供試サンプルが架橋ポリエチレンでかつ未乾燥品であるため、架橋時に生成された分解残渣に固有絶縁抵抗 ρ が大きく依存し、かつ添加した酸化マグネシウムがその分解残渣を吸着する作用を有しているためと考えられる。また、固有絶縁抵抗 ρ は酸化マグネシウムのBET比表面積が大きくなるにつれ高くなっており、BET比表面積 $50\text{ m}^2/\text{g}$ 以上では飽和する傾向が見られた。これは、BET比表面積は活性度の目安となるもので、その数値が大きいかほど活性度が高いことから、BET比表面積が大きいかほど分解残渣の吸着作用が促進されるためであろう。BET比表面積がある値以上で固有絶縁抵抗 ρ は飽和しているのは、いずれも同一条件で架橋されていることから、ポリエチレン中に残存する分解残渣量 β が一定であり、BET比表面積 $50\text{ m}^2/\text{g}$ 程度で既に吸着が平衡状態となっているためと考えられる。

【0030】以上の結果から、雷インパルス破壊特性と絶縁体の固有絶縁抵抗特性の双方において、良好な特性が発揮できる酸化マグネシウムのBET比表面積の範囲は、 $20\sim 80\text{ m}^2/\text{g}$ と判断された。

*【0031】図2は、この発明による直流電力ケーブルの実施例の断面図である。同図において1は 800 mm^2 の銅芯線からなる導体、2は内部半導電層、4は外部半導電層、5は金属遮蔽層であり、3がこの発明によるBET比表面積が $50\text{ m}^2/\text{g}$ の酸化マグネシウムを添加した架橋ポリエチレンからなる絶縁厚 20 mm の絶縁層である。なお、絶縁層3はポリエチレン100重量部に対して酸化マグネシウム10重量部と老化防止剤、架橋剤(D. C. P.)を適量配合した架橋ポリエチレンである。

【0032】直流絶縁破壊特性に及ぼす影響を明らかにするために、押出し直後(未乾燥品)の同ケーブルの直流破壊試験を実施した。その結果を第2表に示す。比較例として同じ寸法構造および絶縁体配合を有するもので、第1表に示した試料C(比較例1)および試料G(比較例2)で使用した酸化マグネシウムを添加したケーブルと通常の無添加の架橋ポリエチレン絶縁ケーブル(比較例3)で、同じ条件で試験したデータを示している。試験温度は全て 90°C である。

【0033】

*【表2】

第2表

	直流破壊電圧 (kV)	インパルス破壊電圧 (kV)
実施例	1500破壊せず	1450
比較例1	1050	1250
比較例2	1150	1000
比較例3	750	1650

【0034】第2表から分かるように、比較例3の未乾燥の架橋ポリエチレンケーブルの直流破壊電圧は低く、未乾燥品においては十分な性能が得られないという従来のデータを裏付けている。これに対して、この発明による実施例は同じく未乾燥品にもかかわらず、比較例で確認された電圧の2倍の電圧でも破壊せず、非常に良好な直流破壊特性を示した。

【0035】なお、比較例1、2の直流破壊電圧は比較例3との比較においては向上が認められるものの、この発明による実施例には及ばない。この原因は、比較例1

については固有絶縁抵抗 ρ の不安定性が、また比較例2については凝集粒子の発生によるものと考えられる。特に、比較例2はインパルス破壊特性が最も低く、第1表の結果と併せて考えれば、凝集粒子の発生が大きく性能低下に影響しているものと推察される。

【0036】なお、本試験はいずれも 90°C の温度で実施しているが、この発明による実施例では、前記したような高電界に晒されていても、熱的に非常に安定した特性を有しており、実施例における固有絶縁抵抗 ρ の向上の効果が顕著に認められる。さらに、インパルス破壊特

性も無添加の架橋ポリエチレンケーブルである比較例には若干及ばないものの、それに匹敵する良好な特性が確認され、この発明によるケーブルの有効性を改めて確認できた。

【0037】

【発明の効果】以上説明したとおり、この発明の直流電力ケーブルによると、芯線導体の外周部に形成される絶縁体として、BET比表面積 $20 \sim 80 \text{ m}^2/\text{g}$ を有する酸化マグネシウムを添加した架橋ポリエチレンを採用することとしたために、直流絶縁特性に悪影響を及ぼす架橋時の分解残渣の影響、即ち、絶縁体の固有絶縁抵抗 ρ の低下とその不均一性を解消し、良好な直流破壊特性を有するとともに、このような無機物を添加した場合の大きな問題であるインパルス破壊電圧の低下を最小限に抑えられる直流ケーブルを実現した。

【0038】また、これらのことと実用的な乾燥処理程

度でも十分に安定した直流破壊特性を維持しようという特徴を併せて備えたことにより合理的な絶縁設計が可能で、ケーブルの小型化および軽量化が図れるとともに、ケーブル製造面でのコスト低減をも可能とした。

【図面の簡単な説明】

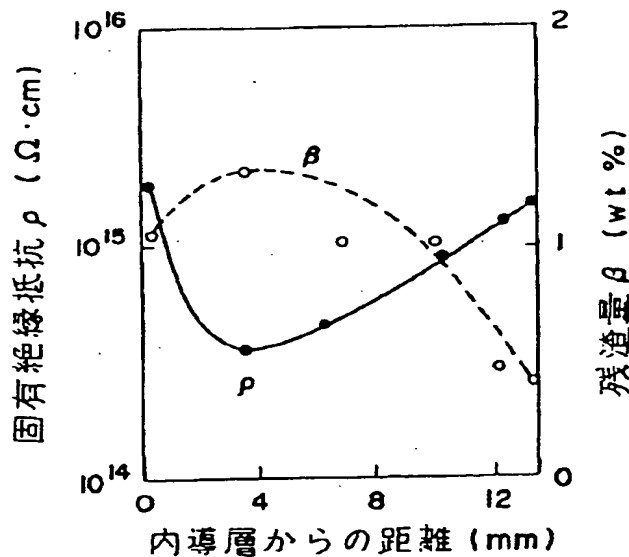
【図1】通常の架橋ポリエチレン絶縁ケーブルのケーブル半径方向の固有絶縁抵抗 ρ および分解残渣量 β の測定結果のグラフ。

【図2】この発明による直流電力ケーブルの一実施例を示す断面図である。

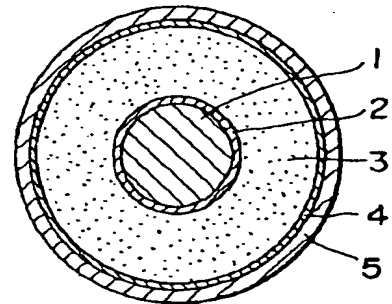
【符号の説明】

- 1 導体
- 2 内部半導電層
- 3 絶縁層
- 4 外部半導電層
- 5 金属遮蔽層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 片貝 昭史

茨城県日立市日高町5丁目1番1号「日立

電線株式会社電線研究所内」